

УДК 677.11.620.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СЕГМЕНТАЦИИ
КАК СПОСОБА ВЫДЕЛЕНИЯ
СТЕБЛЕЙ ЛЬНА НА ИЗОБРАЖЕНИИ***

**RESEARCHING OF SEGMENTATION METHODS
AS THE WAY TO ALLOCATE
THE FLAX STALKS ON THE IMAGE**

И.А. РУМЯНЦЕВА, А.И. КОБЕЛЕВА
I.A. RUMYANTSEVA, A.I. KOBELEVA

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: rumyanceva-ia@yandex.ru

На основе сравнительного анализа различных методов сегментации были выявлены методы, которые позволяют наиболее эффективно выделить стебли льнотресты на изображении, полученном в полевых условиях. Определены оптимальные параметры обработки для каждого из рассмотренных методов сегментации.

On the basis of comparative analysis of various methods of segmentation methods were identified the most effectively that let to allocate the stalks of flax on the image, obtained in the field. There were defined the optimum parameters of processing for each considered segmentation methods.

* Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14-08-31409 мол_а

Ключевые слова: льняная треста, изображение, сегментация, качество, методы обработки.

Keywords: flax, image, segmentation, quality, processing methods.

При определении параметров качества стланцевой льняной тресты на основе анализа ее изображения очень важно правильно выделить стебли слоя, так как конечный успех компьютерных процедур анализа изображений во многом определяется точностью этого выделения. Данная задача становится актуальнее при фотоили видеорегистрации слоя тресты в полевых условиях, когда стебли расположены на поле. В этом случае сложность заключается в наличии высокой степени схожести цветовых характеристик слоя стеблей и участков земли, а также в присутствии на изображении "шума", образованного сорными травами и неравномерностью освещения поверхности земли.

В цифровой обработке изображений операция выделения интересующего объекта (то есть слоя стеблей) от остальной части изображения – фона (то есть поверхности земли, сорных трав) называется сегментацией [1], [2]. В большинстве случаев результатом сегментации является бинарное изображение. Существует большое количество методов сегментаций, и разные методы ориентированы на разные свойства разбиения изображения [2...4]. Выбор того или иного метода зависит от каждой конкретной решаемой задачи. В частности, при выделении на цифровом изображении слоя стеблей необходимо стремиться к максимально полному выделению всех стеблей слоя (без потери тонких стеблей и стеблей, расположенных в нижней части слоя) и минимальному "зашумлению" краевых участков изображений, где стебли отсутствуют.

В связи с этим целью данного исследования является выбор оптимального метода сегментации, который позволял бы эффективным образом выделить стебли льна на изображении, расположенные на поле. Для достижения указанной цели был проведен сравнительный анализ различных методов сегментации. Из всей совокупности известных методов сегментации были

выбраны наиболее подходящие для решения нашей задачи: глобальная пороговая обработка с одним пороговым ограничением (далее – бинаризация с одним порогом), глобальная пороговая обработка с двумя пороговыми ограничениями (далее – бинаризация с двумя порогами), локально-адаптивная пороговая обработка и метод выращивания областей. У всех указанных методов сегментации имеются регулируемые параметры, значения которых для каждой конкретной задачи приходится подбирать опытным путем. Поэтому сравнительному анализу предшествовало определение оптимальных параметров обработки изображений, при которых обеспечивается максимальное качество сегментации.

При исследовании использовали ряд изображений льнотресты, полученных в полевых условиях. Для каждого изображения формировали эталон, вручную обрабатывая данное изображение в графическом редакторе. С этим эталоном в дальнейшем проводили сравнения сегментированных изображений, полученных при обработке указанными ранее методами. Эталон представлял собой бинарное изображение участка слоя стеблей, где белым цветом представлены стебли, а черным – фон (то есть земля и различного рода "шум").

Затем исходные изображения последовательно обрабатывали разными методами сегментации. При этом обработку изображений в пределах каждого метода проводили при различных регулируемых параметрах. Обработку изображений осуществляли с помощью пакета прикладных программ MATLAB.

В качестве оценочного критерия при определении качества и эффективности сегментации изображений использовали среднеквадратическую ошибку RMSE [5], [6]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n |f_{x,y} - f'_{x,y}|^2},$$

где m, n – число строк и столбцов в массиве; $f_{x,y}$ – сегментированное изображение, представленное в виде массива $m \times n$ пикселей; $f'_{x,y}$ – эталонное изображение, представленное в виде массива $m \times n$ пикселей.

При сравнении сегментированного изображения с эталонным определяли общую среднеквадратическую ошибку (то есть для всего изображения), а также среднеквадратическую ошибку в трех зонах изображения: вершинной, срединной и комлевой. Вершинная и комлевая зоны – это краевые части изображения, характеризующиеся наличием на них большей доли земли и меньшей стеблей. Средняя зона изображения содержит в основном только стебли. Исходя из этого следует, что результаты сегментации по зонам могут быть различными. В связи с этим для достоверных выводов о качестве сегментации возникает необходимость в выявлении характера распределения несоответствия

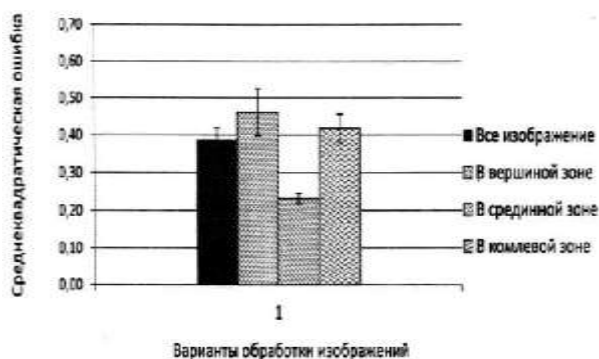


Рис. 1

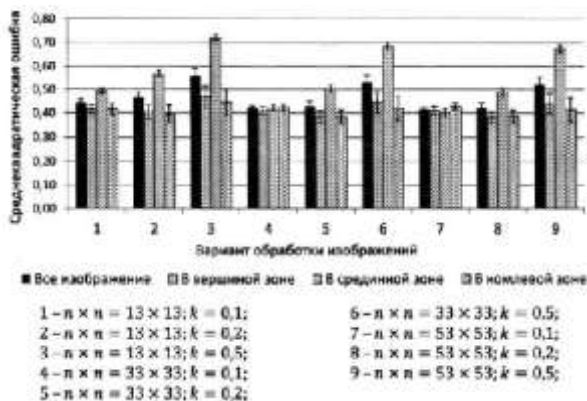


Рис. 3

сегментированного изображения с эталонным по зонам.

Результаты обработки изображений различными методами сегментации представлены в виде диаграмм на рис. 1...4. Рис. 1 – результаты глобальной пороговой обработки изображений методом бинаризации с одним порогом; рис. 2 – с двумя порогами (t_1, t_2 – значения яркости пикселей первого и второго порядка); рис. 3 – результаты локально-адаптивной пороговой обработки изображений ($m \times n$ – размер локальной области, в пикселях, k – коэффициент); рис. 4 – результаты обработки изображений методом выращивания областей (t_c – скалярный порог яркости пикселя, Δ – величина разности по значению яркости между соседними пикселями).

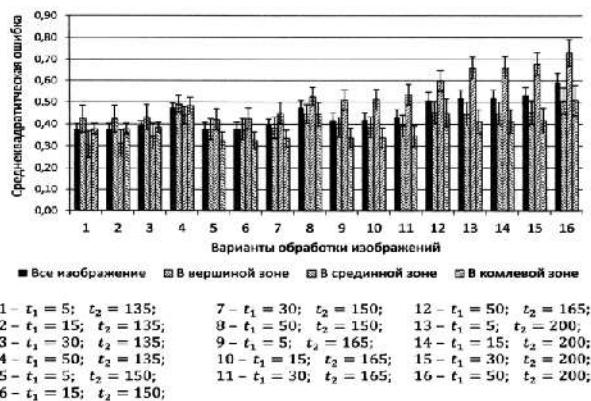


Рис. 2

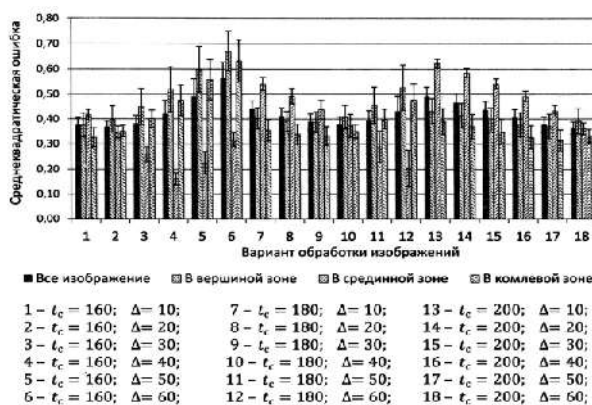


Рис. 4

Из анализа диаграмм, полученных при глобальной пороговой обработке изображений, следует, что при бинаризации с одним порогом общая среднеквадратическая ошибка составляет 0,38 (рис. 1), что говорит о достаточно высоком качестве сегментации. Между тем при анализе распределения несоответствия по зонам видно, что критерий качества сегментации в краевых частях изображения значительно уступает средней. Это свидетельствует о том, что в вершинной и комлевой зонах наблюдается пересегментация изображения, то есть происходит выделение ложных объектов, не являющихся стеблями. Доля таких ложных объектов может достигать 23% от всего изображения, что существенно снижает качество сегментации. В связи с этим сегментация изображений методом бинаризации с одним порогом не подходит в качестве метода выделения стеблей на изображении.

Обработка изображений методом бинаризации с двумя порогами показала, что при значении второго порога яркости более $t_2 = 165$ наблюдается снижение эффективности сегментации (рис. 2). Аналогичную ситуацию можно заметить и при установлении значения первого порога более $t_1 = 30$. Анализ среднеквадратической ошибки по зонам изображения показал, что при $t_2 = 150$ и более среднеквадратическая ошибка в средней зоне выше, чем в краевых. Это свидетельствует о том, что изображения являются недосегментированными. И это явление тем выше, чем больше отличие между среднеквадратическими ошибками в краевых зонах и средней. Для недосегментации изображения характерна потеря части объектов или их искажение вследствие утоньшения. Потерянными объектами являются стебли, находящиеся в нижней части слоя, для которых свойственны невысокие значения яркости из-за их затенения верхними стеблями. Утоньшение – это геометрическое искажение объекта (уменьшение его длины и ширины). Эффект его тем сильнее, чем выше порог яркости. Наличие этого эффекта недопустимо, если одним из конечных результатов анализа изображения

является толщина стеблей. Исходя из полученных результатов сегментацию изображения слоя стеблей методом бинаризации с двойным пороговым ограничением целесообразнее проводить при следующих режимах обработки $t_1 = 5...15$; $t_2 = 150$. В этом случае наблюдается минимальная недосегментация, при этом процент несоответствия между сегментированным изображением и эталонным будет составлять в среднем 14,5%.

Результаты, полученные при локально-адаптивной пороговой обработке изображений, несколько хуже глобальной, но при этом отличаются стабильностью (рис. 3). При оценке влияния параметров обработки на результаты сегментации для этого метода было установлено, что при назначении размера локальной области свыше 13×13 пикселей общая среднеквадратическая ошибка незначительно снижается. Между тем следует учитывать, что увеличение размера этой области приводит к повышению времени обработки изображения.

В отличие от размера локальной области коэффициент k , который определяет, какую часть границы объекта взять в качестве самого объекта, оказывает большее влияние на качество сегментации. Исходя из диаграммы, представленной на рис. 3, следует, что при увеличении коэффициента k повышается среднеквадратическая ошибка. Это происходит из-за потери части объектов. Визуальный анализ сегментированных изображений подтвердил данный вывод. Таким образом, оптимальными параметрами при локально-адаптивной пороговой обработке изображений являются размер локальной области $n \times n = 33 \times 33$, коэффициент $k = 0,1$. При этих параметрах обеспечивается наименьшая среднеквадратическая ошибка как общая (0,42), так и по зонам. Между тем процент несоответствия между сегментированным изображением и эталонным в среднем будет составлять 17,5%.

При анализе диаграммы (рис. 4) было отмечено, что оба параметра обработки находятся в прямой линейной зависимости. Так, при увеличении скалярного поро-

га яркости t_c для получения той же величины среднеквадратической ошибки необходимо увеличить и второй параметр – величину разности по значению яркости между соседними пикселями Δ . При исследованиях также было установлено, что более низкий скалярный порог t_c приводит к увеличению времени обработки изображений. Это объясняется тем, что изначально при первом сканировании изображения низкий порог позволяет выделить большое количество пикселей, имеющих яркость выше заданного значения. Это, в свою очередь, увеличивает время повторного сканирования. Суть его заключается в последовательном пиксельном анализе соседних пикселей относительно всех выделенных. С учетом этого сегментацию изображения слоя стеблей методом выращивания областей целесообразнее проводить при следующих параметрах: $t_c = 200$; $\Delta = 60$. При таком режиме обработки наблюдается минимальная среднеквадратическая ошибка и общая (0,37), и по зонам. Процент несоответствия между сегментированным изображением и эталонным в этом случае будет составлять в среднем 13,3%.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что метод бинаризации с одним порогом является непригодным для выделения стеблей льна на изображении. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании методов бинаризации с двумя порогами и выращивания областей. Полученные результаты могут быть использованы при разработке метода определения параметров качества стланцевой льняной тресты на основе анализа изображения.

1. Определены оптимальные параметры обработки изображений для каждого из рассмотренных методов сегментации.

2. Проведен сравнительный анализ различных методов сегментации изображений, по результатам которого было установлено, что методы бинаризации с двумя порогами и выращивания областей позволяют наиболее качественно выделить стебли на изображении. Средний процент несоответствия между сегментированным изображением и эталонным при применении указанных методов составит 14,5 и 13,3% соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддингс С. Цифровая обработка изображений в среде Matlab. – М.: Техносфера, 2006.
2. Кривицкая Д. Применение ИТ в предварительной обработке дактилоскопических изображений. [Электронный ресурс] - Режим доступа к статье: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-494749.html>
3. Haralick R.M., Shapiro L.G. Computer Vision, Graphics, and Image Processing // Image Segmentation Techniques. – Vol. 29, № 1, 1985.
4. Егорова Е.А. Анализ методов сегментации изображений // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006, №5/2 (23). С.67...71.
5. Цао Чэнь. Разбиение изображения на области, однородные относительно заранее выбранных критериев [Электронный ресурс] - Режим доступа к статье: <http://nic1.ifmo.ru/publications/articles/MajorRead2009/MREAD2009ZaoChen.pdf>.
6. Левашкина А.О., Поршнев С.В. Исследование супервизорных критериев оценки качества сегментации изображений // Известия Томского политехнического университета. – 2008. Т. 313, №5. С.28...33

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 15.05.14.